

淮北相山三种群落中优势树种次生木质部的解剖学特征

史刚荣，刘 蕾

(淮北煤炭师范学院生物系，安徽 淮北 235000)

摘要：对淮北相山侧柏、构树混交林 6 个优势树种次生木质部的观察表明，其结构表现出一定的旱生特征：高的复孔率和导管分布频率，窄导管，木纤维短，射线低。利用相对输导率和脆性指数对导管水分输导的有效性和安全性进行了评估，结果表明 6 个优势树种的相对输导率依次为：牡荆 > 酸枣 > 扁担木 > 构树 > 柘树 > 小叶鼠李，脆性指数依次为：构树 > 牡荆 > 扁担木 > 酸枣 > 小叶鼠李 > 柘树，植物水分输导的有效性和安全性与其在相山的自然分布相一致。作为广布优势树种，牡荆、酸枣和扁担木的次生木质部在导管分子长度、单孔率、导管频率、相对输导率、脆性指数、多列射线高度、多列射线宽度和单列射线高度等性状上均表现出一定的可塑性。与混交林和人工侧柏林相比，灌丛中植物导管分子短，单孔率低，导管频率大，射线低，相对输导率大，脆性指数小，更倾向于旱生特点。逐步多重回归分析表明，随着郁闭度的增加，导管分子长度和单孔率增加。随着风速的增加，导管频率增加。随着土壤含水量的增加，多列射线变宽。

关键词：剥蚀残丘；优势树种；次生木质部；解剖学特征；表型可塑性

中图分类号：Q 944

文献标识码：A

文章编号：0253-2700(2006)04-363-08

Secondary Xylem Anatomic Characteristics of Dominant Plant
Species in Three Communities in Xiangshan
Mountain, Huaibei, China

SHI Gang-Rong, LIU Lei

(Department of Biology, Huaibei Coal Industry Teachers College, Huaibei 235000, China)

Abstract: The results of anatomic observations on secondary xylem of 6 dominant species in a *Platycladus orientalis* + *Broussonetia papyrifera* mixed forest in Xiangshan mountain, Huaibei, China, indicated that these species share some xeromorphic features in secondary xylem such as high vessel frequency, less percentage of single porous, thinner vessel, shorter fibers, and lower rays. The availability and safety of the vessel associated with water conduction was evaluated through relative conductivity and the vulnerability index, the result shown that relative conductivity of the 6 dominant species is ordered as *Vitex negundo* var. *cannabifolia*, *Ziziphus jujuba* var. *spinosa*, *Grewia biloba* var. *parviflora*, *Broussonetia papyrifera*, *Cudrania tricuspidata*, *Rhamnus parvifolia*, while the vulnerability index is ordered as *B. papyrifera*, *V. negundo* var. *cannabifolia*, *G. biloba* var. *parviflora*, *Z. jujuba* var. *spinosa*, *C. tricuspidata*, *R. parvifolia*, and the availability and safety of water conduction of these plants is coincided with their distribution in Xiangshan mountain. The three widely distributed dominant species, *Z. jujuba* var. *spinosa*, *V. negundo* var. *cannabifolia* and *G. biloba* var. *parviflora*, show great plasticity in some characters, including vessel element length, vessel frequency, relative conductivity, vulnerability index, percentage of single porous, multiserate ray height, multiserate ray width, and single ray height, etc. Compared to those in mixed forest and *P. orientalis* forest, the species in shrub tend to have shorter vessel elements, higher vessel frequency, less single porous percentage, lower rays, higher relative conductivity, and less vulnerability

index, thus indicated that they are inclined to more xeromorphic anatomically. The result from the stepwise multiple regressions show that both of the vessel element length and percentage of single porous increased with the canopy density, and the vessel frequency increased with the wind velocity, multiserate ray width increased with the soil water content.

Key words: Denudation monadnock; Dominant species; Secondary xylem; Anatomic characteristics; Phenotypic plasticity

植物生态解剖学是运用植物形态解剖学的观察和实验方法,对生长在不同生境中的植物或演替系列中的优势种进行研究,探讨其在外形态和内部显微结构的动态变化规律及与功能相互变化的科学(彭少麟等,2002)。植物的茎干作为暴露在环境中的器官之一,易受环境诸因子变化所带来的影响并做出反映。环境因子对茎干的影响主要体现在导管和纤维分子的长度和宽度值、导管和射线的频率以及射线高度和宽度等值的变化上(费松林等,1999; Zimmerman, 1978, 1982; Baas and Schweingrube, 1987; Lindorf, 1994, 1997; 陈树思和唐为萍, 2005)。关于次生木质部的生态解剖研究不少,但主要集中于对分布在特定生境或不同地区、不同海拔高度和不同纬度的一些植物次生木质部的比较研究(李国旗等, 2003; 韩丽娟, 2001; 邓传远等, 2000, 2001; 林鹏等, 1999, 2000; 方精云等, 2000; 费松林等, 1999; Lindorf, 1994, 1997; 张新英等, 1990, 1993; Zhang 等, 1992; 曹宛虹等, 1991; 邓亮等, 1989; Carlquist, 1977, 1982; Baas 等, 1983; Graaff and Bass, 1974),对植物群落演替系列中优势种次生木质部的生态解剖研究尚不多见。

本文以淮北平原典型的剥蚀残丘——相山群落恢复演替群落中6个优势种,酸枣(*Ziziphus jujuba* var. *spinosa*)、牡荆(*Vitex negundo* var. *cannabifolia*)、柘树(*Cudrania tricuspidata*)、构树(*Broussonetia papyrifera*)、小叶鼠李(*Rhamnus parvifolia*)和扁担木(*Grewia biloba* var. *parviflora*)为研究对象,通过对同一生境下不同优势树种,以及广布优势种在不同群落中次生木质部的比较,探讨了次生木质部对相山干旱环境的趋同适应特征,揭示了优势树种次生木质部的解剖可塑性及其与生态因子之间的关系,并就其群落学意义进行了讨论。

1 自然概况

淮北相山地处安徽北部(116.77°E, 33.97°

N),系泰山经鲁南山地,自徐州向南蜿蜒延伸的余脉,为海拔100~350 m的石灰岩质岛状剥蚀残丘。本地区属于暖温带半湿润季风气候,常年降水较少,年平均降水量约800~900 mm左右;年平均气温在14~17℃之间,全年无霜期220 d左右;日照时数2300~2500 h左右,土壤为石灰土及淋溶褐土。相山山地侵蚀溶蚀严重,岩石裸露,蓄水能力极差。原生植被为暖温带落叶阔叶林,但由于长期人为活动的影响,原生植被已不复存在(安徽植被协作组,1981),大部分山丘为次生裸地,主要植被类型有禾本科植物为优势种的草丛,酸枣、牡荆为优势种的灌丛或灌草丛,以及局部发育良好的人工侧柏(*Platycladus orientalis*)林和侧柏、构树混交林,自然植被稀疏。

2 材料与方法

2.1 材料

材料于2005年3月采自相山东南坡的3个不同群落中:人工侧柏林:侧柏占绝对优势,林下和林隙夹杂着一些酸枣、牡荆和扁担木;侧柏、构树混交林(以下简称混交林):侧柏的密度相对较小,构树、柘树、酸枣、牡荆等阔叶树种占优势;小叶鼠李、牡荆灌丛:以小叶鼠李、牡荆、酸枣等灌木占优势。其中灌丛、混交林分别代表了恢复演替系列中连续的两个阶段,人工侧柏林则属于人工群落。各树种的取样情况及生境条件的实地观测数据见表1。生境条件的观测于2004年3月18日至9月20日进行,每月按上、中、下旬各选择1个晴天,于6~7时、10~12时、15~16时、19~20时用TN-2280型四合一表和TES-1335型照度计分别测定群落环境的风速、空气相对湿度、温度和光照强度,仪器放置高度为2.0 m。取地面以下10~20 cm的土样,保湿带回实验室用烘干法测定土壤含水量。郁闭度的测定采用乔木层树冠投影法。各树种分别选取树龄相近的植株5株,在基径处截取样本。

1.2 材料处理

将采集的样本分为两部分,一部分取靠近形成层的边材部分,用硝酸—铬酸离析液进行组织离析,再用番红染色后制成临时装片,测量导管分子长度、导管直径,纤维长度等指标,每项指标测量100组数据。另一

部分水煮软化后，切取三切面，切片厚度 16 ~ 18 μm，番红—固绿对染，加拿大树胶封片，测量导管频率，射线宽度、射线高度和射线频率等指标，每项指标测量 50 组数据。数据的显微测量在 Motic Image Advanced 3.2 软件下进行。

2.3 数据计算及统计分析

以导管直径和导管频率分别计算相对输导率 (The relative conductivity, RC) 和脆性指数 (vulnerability index, VI)，公式分别为：RC = r^4 FRE (Fahn 等，1986) 和 VI

= VAT FRE (Carlquist, 1977)。其中： r = 导管半径，FRE = 导管频率，VAT = 导管直径。次生木质部的可塑性指数 (Plasticity index, PI) 参考 Ashton 等 (1998) 的计算公式：P = 1-x X，其中 x 为最小平均值，X 为最大平均值。用 One-way ANOVA 揭示异质生境对次生木质部的影响。若主效应显著，用 LSD 进行多重比较，确定差异的显著程度 (P = 0.05)。用逐步筛选法 (Stepwise) 进行多重回归分析，揭示生态因子与次生木质部的关系。原始数据用 SPSS for windows 12.0 进行分析。

表 1 相山不同群落中的取样情况及其生态条件

| Table 1 Wood sampled and the ecological condition in different communities in Xiangshan mountain | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|---|--------|--------|--------|-------|----------------------|---------|------|---|------|-----|--------|
| 群落 | Alt | Slo | CD | MLI | SWC | RH | MAT | DDT | WV | 树种 | IV | S | D | H | A |
| Communities | (m) | (°) | (%) | (μmol·m ⁻² s ⁻¹) | (%) | (%) | () | () | (m·s ⁻¹) | Species | | | (cm) | (m) | (year) |
| 人工侧柏林 | 145 | 26 | 96 | 174.6 ± | 24.2 ± | 93.0 ± | 20.4 ± | 6.5 ± | 0.25 ± | 牡荆 VN | 26.2 | 5 | 2.0 | 1.0 | 5 |
| | | | | 19.7 | 3.6 | 5.1 | 8.6 | 2.3 | 0.19 | 酸枣 ZJ | 25.9 | 5 | 1.6 | 1.7 | 4-6 |
| | | | | | | | | | | 扁担木 GB | 15.3 | 5 | 1.8 | 2.1 | 4-5 |
| 侧柏、 构树混交林 | 170 | 33 | 47 | 1236.6 ± | 19.4 ± | 89.1 ± | 21.8 ± | 8.7 ± | 0.42 ± | 构树 BP | 45.8 | 5 | 3.5 | 2.7 | 5-6 |
| | | | | 22.0 | 4.2 | 5.1 | 9.4 | 2.7 | 0.37 | 牡荆 VN | 41.6 | 5 | 2.8 | 1.6 | 5-7 |
| | | | | | | | | | | 扁担木 GB | 37.2 | 5 | 3.1 | 2.8 | 5-6 |
| | | | | | | | | | | 酸枣 ZJ | 33.2 | 5 | 2.4 | 2.3 | 6-7 |
| | | | | | | | | | | 柘树 CT | 24.3 | 5 | 2.6 | 2.2 | 6-7 |
| | | | | | | | | | | 小叶鼠李 RP | 4.0 | 5 | 2.1 | 1.3 | 4-6 |
| 小叶鼠李、 牡荆灌丛 | 340 | 12 | 0 | 1495.8 ± | 12.1 ± | 84.4 ± | 20.5 ± | 9.0 ± | 1.65 ± | 小叶鼠李 RP | 65.4 | - | - | - | - |
| | | | | 15.3 | 3.9 | 4.7 | 9.9 | 3.0 | 1.92 | 牡荆 VN | 55.2 | 5 | 2.0 | 2.1 | 6-7 |
| | | | | | | | | | | 酸枣 ZJ | 48.2 | 5 | 2.2 | 1.5 | 5-7 |
| | | | | | | | | | | 扁担木 GB | 30.3 | 5 | 2.0 | 2.3 | 5-6 |

Notes: 1) : 人工侧柏林 *Platycladus orientalis* forest; : 侧柏、构树混交林 *Platycladus orientalis* + *Broussonetia papyrifera* mixed forest; : 小叶鼠李、牡荆灌丛 *R. parvifolia* + *V. Negundo* var. *cannabifolia* shrub; Alt: 海拔 Altitude; Slo: 坡度 Slope; CD: 郁闭度 Canopy density; MLI: 日均光强 Mean light intensity; SWC: 土壤含水量 Soil water content; RH: 空气相对湿度 Relative humidity; MAT: 日均气温 Mean air temperature; DDT: 日均温差 Difference of daily temperature; WV: 风速 Wind velocity; IV: 重要值 Importance value; S: 取样植株数 Sampled trees; D: 取样植株基径 Diameter; H: 取样植株高度 Height; A: 树龄 Ages of trees; VN: *Vitex negundo* var. *cannabifolia*; ZJ: *Ziziphus jujuba* var. *spinosa*; GB: *Grewia biloba* var. *parviflora* . RP: *Rhamnus parvifolia*; CT: *Cudrania tricuspidata*; BP: *Broussonetia papyrifera*; 2) MAT、SWC、RH、MAT、DDT 等数据为平均值 ± 标准差 Data of MAT, SWC, RH, MAT, and DDT were means ± SD (n = 28)

3 实验结果

3.1 混交林群落中不同优势种次生木质部的解剖特征

在混交林群落中，6 种植物的导管均为单穿孔板，以复管孔为主，单孔率为 10.5% ~ 37.6%，导管排列方式在不同种植物中不同：牡荆和酸枣的次生木质部中存在导管双态现象 (vessel dimorphism)，即显著的大导管与小导管相伴的现象；在小叶鼠李中，多数小导管聚集在一起呈树枝状排列；而在构树中，大导管形成单孔，许多小导管形成管孔团。除酸枣的木射线只有单列射线（异型 B）外，其余种类的木射线都包括单列和多列射线两类，射线类型均为异型 B。

混交林群落中 6 个优势树种次生木质部的数

量特征如表 2 所示。由表可见，6 个优势树种导管频率 40.4 ~ 174.0 mm⁻²，导管分子长度 211.4 ~ 264.9 μm，导管直径 25.2 ~ 59.7 μm，纤维长 405.0 ~ 736.7 μm，射线频率为 5.1 ~ 21.5 mm⁻¹，单列射线高 98.2 ~ 494.7 μm，多列射线高 177.8 ~ 680.5 μm。根据 Chattaway (1932) 的分类标准，导管分布频率均为很多；导管均为短导管和窄导管；纤维长度为很短；射线分布频率为较多至很多；射线高度为极低或很低。导管的相对输导率大小依次为：牡荆 > 酸枣 > 扁担木 > 构树 > 柘树 > 小叶鼠李，脆性指数的大小依次为：构树 > 牡荆 > 扁担木 > 酸枣 > 小叶鼠李 > 柘树。

3.2 群落恢复演替不同阶段广布优势树种次生木质部的可塑性反映

由表 3 可见，牡荆、酸枣、扁担木的次生木质部均表现出一定的可塑性，但可塑性的大小却因物种和性状的不同而不同。在次生木质部的 9 个解剖性状中，导管分子长度、单孔率、导管频率、相对输导率、脆性指数、多列射线高度、多列射线宽度和单列射线高度等性状的可塑性较大，导管直径、纤维长度、射线频率等性状的可塑性较小。灌丛群落中，3 个广布优势种次生木质部解剖特点表现在：导管频率较高，单孔率低，射线不发达。人工侧柏林中的植物表现为：导管频率低，单孔率高，射线发达；而混交疏林中的植物则在许多性状上界于灌丛和人工侧柏林之间。

3.3 次生木质部解剖特征与环境因子的关系

多重回归分析表明，群落郁闭度、土壤含水量和风速对次生木质部结构的影响较为显著（表 4）。随着郁闭度的增加，导管分子长度和单孔率增加。随着风速的增加，导管频率增加。随着土壤含水量的增加，多列射线变宽。其它性状与环境因子之间无显著相关关系。

表 4 次生木质部特征与环境因子的逐步多重回归分析
Table 4 Stepwise multiple regressions among secondary xylem characteristics and environmental factors

| 解剖性状 Anatomical characters | 生态因子 Ecological factors | 偏回归系数 Partial regression coefficient (B) | 决定系数 Determination coefficient (R ²) |
|----------------------------------|-------------------------------|---|--|
| 导管分子长度 VL | 郁闭度 CD | 0.546 * | 0.57 |
| 导管频率 VF | 风速 WV | 19.64 * | 0.52 |
| 单孔率 PSP | 郁闭度 CD | 0.19 * | 0.52 |
| 多射线宽 MRW | 土壤含水量 SWC | 0.689 * | 0.67 |

* P < 0.05; 缩写见表 1 和表 2 Abbreviations follow table 1 and table 2 .

4 讨论

4.1 优势树种次生木质部对干旱生境的适应

淮北相山属典型的溶蚀残丘，其裸露的岩石和薄瘠的土层，营造了干旱的生境特点。面对干旱生境造成的水分压力，植物木质部必须产生很高的负压才能使水分运输顺利进行，从而维持植物体正常的生理功能。相山 6 个优势树种次生木质部的结构特点能同时兼顾水分输导的“有效性”和“安全性”，对干旱生境有不同程度的适应能力。具体表现在以下几个方面：

(1) 高的复孔率和导管分布频率 旱生植物具有高复孔率和高导管密度（Carlquist, 1988; 张新英等, 1993; 曹宛虹等, 1991）。复管孔相

邻导管共有细胞壁纹孔形成的多条途径，对木质部水分输送的安全性很重要（Tyree, 1994）。因为具单导管的植物只要出现成腔作用，整条扬水线路就都被堵塞了。而复管孔及各种其它类型细胞组成的导管复合体中，即使一条导管被堵塞了，水分仍然可以通过复合体中的多条途径绕过堵塞的管道沿着其它导管继续流动（Carlquist, 1988; Tyree, 1994; Zimmermann, 1983）。气体栓塞引起导管输水率的丧失与导管密度的大小成线性负相关（Tyree, 1994）。

(2) 导管直径小 淮北相山优势树种均为窄导管。Zimmermann 等（1978, 1982）认为导管的宽窄与水分运输的有效性和安全性有关，宽导管的输导效率高，但较脆弱，易倒塌；窄导管的输导效率虽低，但抗负压强，不易倒塌，且窄导管单位面积上的数量多，即使有部分导管被气泡堵塞，也不会导致整个输导系统丧失功能，可保证水分运输的安全性。

(3) 木纤维短，射线低 淮北相山 6 个优势树种木纤维均很短，木射线均为低射线。尽管很少有人注意到木纤维长度、木射线高度与植物抗旱性之间关系，但对沙生植物（张新英等, 1993; 曹宛虹等, 1991），红树植物（邓传远等, 2000; 林鹏等, 1999, 2000; 林益明等, 1998）的研究结果表明，这些植物的木纤维均较短（小于 1 mm），木射线为低射线（小于 2 mm）。Esau (1977) 也指出，木质部特化增加，纤维变短。短的纤维有利于提高木质部的机械支持能力。低的木射线，意味着次生木质部具有更为发达的机械组织和输导组织。

4.2 优势树种水分输导的有效性和安全性

相对输导率和脆性指数是导管大小和导管频率（数目）的综合反映，被认为是评价植物水分输导的有效性和安全性的重要指标（Zimmermann, 1983; Carlquist, 1977）。多而窄的导管可保护植物在胁迫环境下免受气体栓塞的影响，相反，少而宽的导管则更易产生气体栓塞（Yá ez-Espinosa 等, 2001）。本研究结果表明，混交林 6 个优势树种导管的相对输导率大小依次为：牡荆 > 酸枣 > 扁担木 > 构树 > 柘树 > 小叶鼠李，脆性指数的大小依次为：构树 > 牡荆 > 扁担木 > 酸枣 > 小叶鼠李 > 柘树。

柘树和小叶鼠李导管水分相对输导率和脆性指数均较小,说明水分输导的有效性较差,但安全性和抗旱性很大;构树的水分相对输导率相对较小,而脆性指数最大,说明水分输导的有效性和安全性均较差,抗旱性也较低;牡荆、酸枣和扁担木的水分相对输导率相对较大,脆性指数介于构树和小叶鼠李之间,说明它们不仅具有较强的水分输导能力,而且具有一定的安全性。从这些植物在相山分布看,小叶鼠李主要分布在山顶灌丛,该区域岩石裸露严重、土壤极其瘠薄,干旱最为严重;柘树、酸枣和牡荆广泛分布于各种类型的群落,但在岩石裸露严重、土壤较少的区域,以柘树、酸枣为主,而在土壤相对较多的区域则以酸枣和牡荆为主;扁担木主要分布在灌丛和混交林中,但在灌丛中的优势度较小;构树则为山脚混交林的优势种,并在局部地域形成单优种。可见,各优势树种在相山的自然分布与其水分输导的有效性和安全性相一致。

4.3 广布优势树种次生木质部的可塑性及其对群落恢复演替的适应

表型可塑性 (phenotypic plasticity) 被认为是植物克服环境异质性的的重要途径,高的可塑性常常与对环境具有高的潜在适应能力相关 (Strauss-Debenedetti and Bazzaz, 1991)。由于长期人工造林和封山育林,相山局部地段上形成了人工林或次生演替而成的落叶疏林,从而形成了由草丛——灌草丛——灌丛——混交疏林的恢复演替系列,不同群落光因子和水分条件显著不同,从而导致了生境的空间异质性。在本研究的 3 个群落中,灌丛群落光照充足,温差和风速较大,但水分条件较差;人工侧柏林郁闭度大,光照弱,温差和风速较小,水分条件相对较好;混交疏林各种环境条件介于灌丛和人工侧柏林之间 (表 1)。

植物在异质环境里的进化可能导致对较宽范围环境的普遍性适应,也可能对异质环境的一部分特化 (specialization) (Bazzaz, 1996)。广布优势种是指占据各种不同群落或演替系列,并在一些群落或演替系列中处于优势地位的物种,这些物种通常在群落的结构、格局及演替等方面具有重要作用。牡荆、酸枣和扁担木,作为淮北相山的广布优势种,在适应异质生境的过程中其形态结构必然会发生特化。

本研究结果表明,3 个广布优势种的次生木质部随群落的不同而表现出较大的可塑性,其中导管分子长度、单孔率、导管频率、相对输导率、脆性指数、多列射线高度、多列射线宽度和单列射线高度等性状的可塑性较大,说明它们更易受环境的影响。从灌丛到人工侧柏林,3 个广布优势种导管分子长度、单孔率、多列射线高度、多列射线宽度、单列射线高度等显著增大,导管频率则显著减少。灌丛中植物导管分子短,单孔率低,导管频率大,射线低,相对输导率大,脆性指数小,说明其次生木质部更倾向于旱生结构,这与该群落较差的水分条件以及由于强光和较大风速而导致较快的蒸腾速率是相适应的。相反,人工侧柏林中植物导管分子较长,单孔率高,导管频率小,射线较高,相对输导率小,脆性指数大,表现出较差的抗旱性能,这与该群落相对较好的水分条件以及郁闭弱光环境下较低的蒸腾速率是相适应的。次生木质部的这种表型可塑性,使植物能够适应不同的群落环境,从而成为广布优势种。

4.4 环境因子对次生木质部解剖结构的影响

逐步多重回归分析表明,随着群落郁闭度的增大,导管分子长度和单孔率增加,但导管直径没有显著变化。随着风速的增加,导管频率增加。郁闭度直接影响光照强度和风速的大小,而光照强度和风速则与植物的蒸腾作用密切相关。随着郁闭度的增加,光照强度和风速都减小,植物的蒸腾速率随之减弱,导管的蒸腾拉力也相应减小;反之,郁闭度越小,光照强度和风速越大,植物的蒸腾速率越快,导管的蒸腾拉力也相应增大。在郁闭度小,光照强度和风速大的生境条件下,“小型化”导管抗负压,抗栓塞能力更强,有利于输导的安全性 (Carlquist, 1988; Zimmermann, 1983),复管孔中由相邻导管共有细胞壁纹孔形成的多条途径,对木质部水分输送的安全性非常重要 (Tyree, 1994),而高的导管频率有利于降低气体栓塞引起导管输水率的丧失速率 (Tyree, 1994)。可见,导管分子长度、单孔率随郁闭度,以及导管频率随风速的变化,实质上是对因这些环境因子的变化而导致植物蒸腾速率的变化的响应。

关于木射线与环境的关系的研究相对较少而且结果不相一致。红树林植物的研究表明,射线

与土壤水分的有效性以及潮水泛滥期等因素有关 (Janssonius, 1950; Kozlowski, 1984; Lev-Yadun and Aloni, 1995)。Yá ez-Espinosa 等 (2001) 发现, 潮水泛滥周期为 4 个月 (FZ4) 的区域内生活的物种, 木射线和韧皮射线低于潮水泛滥周期为 8 个月 (FZ8) 和大于 8 个月 ($FZ > 8$) 的区域, 他们把这种差异归结为植物对长期水淹所导致的缺氧条件的适应。杨树 (*Populus deltoide*) 木射线随着土壤盐度的增加变低 (李国旗等, 2003); 蓝桉 (*Eucalyptus globules* Labill.) 木射线高度随着海拔的升高而减小 (王昌命和张新英, 1994), 但紫萼丁香 (*Syringa ablata* var. *giraldii*) 木射线高度随着海拔的升高 (降水量增加) 而增加 (邓亮和张新英, 1989)。鹅掌楸 (*Liriodendron chinensis* Sarg.) 木射线随着纬度的增加变矮变窄 (韩丽娟等, 2001)。亮叶水青冈 (*Fagus lucida* L.) 单列射线高度随着温度要素的增加呈上升趋势, 随着寒冷指数 (负积温) 和水分因子 (年降水和水分综合指数) 的增加呈下降趋势 (方精云等, 2000)。本研究发现, 与其它两个群落相比, 灌丛群落多列射线高度、单列射线高度和多列射线宽度均变小。而且, 多列射线宽度随着土壤含水量的增加而增加。因此, 可以认为射线的“小型化”是植物对胁迫环境的一种适应策略, 但其机理尚需进一步研究。

〔参 考 文 献〕

- Ashton PMS, Olander LP, Berlyn GP, *et al*, 1998. Changes in leaf structure in relation to crown position and tree size of *Betula papyrifera* within fire-origin stands of interior cedar-hemlock [J]. *Can J Bot*, 76: 1180—1187
- Baas P, Schweingruber FH, 1987. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe [J]. *IAWA Bull n.s.*, 8: 245—274
- Baas P, Weker E, Fahn A, 1983. Some ecological trends in vessel characters [J]. *IAWA Bull n.s.*, 4 (2-3): 141—159
- Bazzaz FA, 1996. Plants in Changing Environments: Linking Physiological, Population, and Community Ecology [M]. Cambridge: Cambridge University Press
- Cao WH (曹宛虹), Zhang XY (张新英), 1991. The secondary xylem anatomy of 6 desert plants of Caragana [J]. *Acta Bot Sin* (植物学报), 33 (3): 181—187
- Carlquist S, 1988. Comparative Wood Anatomy [M]. Berlin: Springer-Verlag, 41—81
- Carlquist S, 1977. Ecological factors in wood evolution: A floristic approach [J]. *Amer J Bot*, 64 (7): 887—896
- Carlquist S, 1982. Wood anatomy of *Illicium* (Illiciaceae): Phylogenetic, ecological, and functional interpretation [J]. *Amer J Bot*, 69: 1587—1598
- Chattaway MM, 1932. Proposed standards for numerical values used in describing woods [J]. *Tropical Woods*, 29: 20—28
- Chen SS (陈树思), Tang WP (唐为萍), 2005. Observation of vessel elements of secondary xylem in *Mangifera indica* [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 27 (6): 644—648
- Co-operation Group of Anhui Vegetation (安徽植被协作组), 1981. Vegetation of Anhui (安徽植被) [M]. Hefei: Anhui Science and Technology Press, 230
- Deng CY (邓传远), Lin P (林鹏), Li BZ (黎中宝), 2001. Study on comparative anatomy of secondary xylem in six *Sonneratia* species of mangroves [J]. *J Xiamen Univ* (Natural Science Edition) (厦门大学学报 (自然科学版)), 40: 1100—1106
- Deng CY (邓传远), Lin QX (林清贤), Lin P (林鹏), *et al*, 2000. Wood anatomy characteristics of 6 mangrove species of *Sonneratia* and their application [J]. *J Fujian Forestry Sci and Tech* (福建林业科技), 27 (3): 1—5
- Deng L (邓亮), Zhang XY (张新英), 1989. The ecological wood anatomy of the lilac in Taibai Mountain [J]. *Acta Bot Sin* (植物学报), 31: 95—102
- Esau K, 1977. Anatomy of Seed Plants [M]. New York: John Wiley and Sons Press, 351—372
- Fahn A, Werker E, Baas P, 1986. Wood Anatomy and Identification of Trees and Shrubs from Israel and Adjacent Regions [M]. Jerusalem: Israeli Academy of Science
- Fang JY (方精云), Fei SL (费松林), Fan YJ (樊拥军), *et al*, 2000. Ecological patterns in anatomic characters of leaves and woods *Fagus lucida* and their climatic control in Mountain Fanjingshan, Guizhou, China [J]. *Acta Bot Sin* (植物学报), 42 (6): 636—642
- Fei SL (费松林), Fang JY (方精云), Fan YJ (樊拥军), *et al*, 1999. Anational characteristics of leaves and woods *Fagus lucida* and their relationship to ecological factors in Mountain Fanjingshan, Guizhou, China [J]. *Acta Bot Sin* (植物学报), 41: 498—499
- Graaff NA, Van Der, Baas P, 1974. Wood anatomical variation in relation to latitude and altitude [J]. *Blumea*, 22: 101—121
- Han LJ (韩丽娟), Lin YH (林月惠), Wu SM (吴树明), 2001. The effect of latitudes on the structure of secondary xylem in *Liriodendron chinense* Sarg [J]. *Chin Bull Bot* (植物学通报), 18 (3): 375—377
- Janssonius HH, 1950. The vessels in the wood of Javan mangrove trees [J]. *Blumea*, 6: 466—469
- Kozlowski TT, 1984. Plant responses to flooding of soil [J]. *Bio Science*, 34: 162—167
- Lev-Yadun S, Aloni R, 1995. Differentiation of the ray system in woody plants [J]. *Bot Rev*, 61: 49—88

Li GQ (李国旗), Zhang JL (张纪林), An SQ (安树青), 2003 . The anatomical characteristics of *Populus deltoide* (Lux) under stress of various soil salinities [J] . *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), 39 (4): 89—97

Lin P (林鹏), Lin JH (林建辉), Lin YM (林益明), 1999 . Ecological anatomy of secondary xylem of *Ceriops tagal* and *Avicennia marina* [J] . *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), 18 (4): 413—417

Lin P (林鹏), Lin YM (林益明), Lin JH (林建辉), 2000 . The ecological secondary xylem anatomy of the mangrove *Aegiceras corniculatum* and *Sonneratia caseolaris* [J] . *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), 36 (2): 125—128

Lin YM (林益明), Lin JH (林建辉), Lin P (林鹏), 1998 . Ecological comparison of secondary xylem anatomy of *Kandelia candel* [J] . *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), 17 (2): 219—223

Lindorf H, 1994 . Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest [J] . *IAWA J*, 15: 361—376

Lindorf H, 1997 . Wood and leaf anatomy in *Sessea corymbiflora* from an ecological perspective [J] . *IAWA J*, 18: 157—168

Peng SL (彭少麟), Li YL (李跃林), Yu H (余华), et al, 2002 . Ecoanatomical study on leaf characteristics of dominant species in different succession stages of forest communities in Dinghushan [J] . *J Trop Subtrop Bot* (热带亚热带植物学报), 10 (1): 1—8

Strauss-Debenedetti S, Berlyn GP, 1994 . Leaf anatomical responses to light in five tropical Moraceae of different successional status [J] . *Amer J Bot*, 81: 1582—1591

Tyree MT, 1994 . Evolution of xylem conducts [J] . *IAWA Bull n.s.*, 15: 335—360

Wang CM (王昌命), Zhang XY (张新英), 1994 . The ecological wood anatomy of the *Eucalyptus globules* Labill . in west hill of Kunming [J] . *J Southwest Forestry Coll* (西南林学院学报), 14: 62—68

Yá ez-Espinosa L, Terrazas T, López-Mata L, 2001 . Effects of flooding on wood and bark anatomy of four species in a mangrove forest community [J] . *Trees*, 15 (2): 91—97

Zhang SY, Baas P, Zandee M, 1992 . Wood structure of the Rosaceae in relation to ecology habitat and phenology [J] . *IAWA Bull n.s.*, 13: 307—349

Zhang XY (张新英), Cao WH (曹宛虹), 1990 . Studies on the secondary xylem anatomy of *Hippophae rhamnoides* under different habitats [J] . *Acta Bot Sin* (植物学报), 32: 909—915

Zhang XY (张新英), Cao WH (曹宛虹), 1993 . The ecological secondary xylem anatomy of 7 desert species of Leguminosae [J] . *Acta Bot Sin* (植物学报), 35: 920—935

Zimmermann MH, 1978 . Hydraulic architecture of some diffuse porous trees [J] . *Can J Bot*, 56: 2286—2295

Zimmermann MH, 1982 . Functional xylem anatomy of angiosperms [A] . In: Baas P ed . *New in Wood Perspectives in Wood Anatomy* [M] . Dordrecht: Nijhoff Junk Publishers, 59—70

Zimmermann MH, 1983 . *Xylem Structure and Ascent of Sap* [M] . Berlin: Springer-Verlag, 39—62

* * * * *

书 讯

《中国长白山观赏植物彩色图志》是由中国工程院陈俊愉院士和中国科学院洪德元院士作序，中国工程院陈俊愉院士主审，中国工程院方智远院士（中国园艺学会理事长）作的书评，由吉林人民教育出版社出版。该书由吉林省通化师范学院生物系的周繇教授、朱俊义教授，药学系的于俊林教授及中科院植物研究所的徐克学研究员，历经二十五年，完成的迄今为止第一部反映长白山野生观赏植物的大型志书（100 万字，550 页，生态照片 1248 张，收录植物 104 科、332 属、609 种、42 变种、9 变型，精装本，大十六开，铜版纸印刷）。

全书内容详细全面，章节编排合理，设计新颖科学，根据植物具体的园林用途分为了园景树类、行道树类、庭荫树类、垂直绿化类、绿篱类、花坛类、花境类、地被类、水景类、岩生类等。书后还附有精美的观赏植物园林用途和观赏类型汇总表及中文和拉丁文索引，便于广大读者的查阅和使用。

全书科学性强、植物名称鉴定正确、文字严谨，系统翔实介绍了每一种植物的中名、拉丁名、别名、形态特征、生境、分布、园林用途、繁殖方法及主要经济价值等。

全书图片清晰生动（有 80 余张照片做了《园林》、《中国花卉园艺》、《中草药》、《生物学通报》、《中国野生植物资源》等刊物的封面、封底和中间的插页），每种观赏植物既有整体景观，又有重要部位的特写镜头。

该书既可作为国内外研究长白山区野生观赏植物的重要参考文献，又可以作为农林院校的教学用书，还可以作为高等植物野外实习的重要参考资料，同时也可供花卉爱好者收藏。

定价：680 元（可开正式发票，不另加邮费）
联系人：周繇，黄杰 联系地址：吉林省通化师范学院生物系 邮编：134002
联系电话：0435 - 3209685（宅）；0435 - 3208073（单）；手机：13843593766；13943598785
E - mail: bszhouyou@163.com; bszhou@sohu.com 银行帐号：2161750010200022664 户名：周繇